

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ  
ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ**

**ПАДЮКА Роман Іванович**



УДК 005.8 : 658.631.3

**МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ  
ВИРОБНИЧИХ ПРОЄКТІВ РОСЛИННИЦТВА**

05.13.22 – управління проектами та програмами

**Автореферат**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Львів – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Львівському національному аграрному університеті Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** кандидат технічних наук, доцент  
**ТИМОЧКО Василь Олегович**,  
Львівський національний аграрний університет  
Міністерства освіти і науки України,  
завідувач кафедри управління проектами та  
безпеки виробництва (м. Дубляни)

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**ПІТЕРСЬКА Варвара Михайлівна**,  
Одеський національний морський університет  
Міністерства освіти і науки України,  
професор кафедри експлуатації портів і  
технології вантажних робіт (м. Одеса)

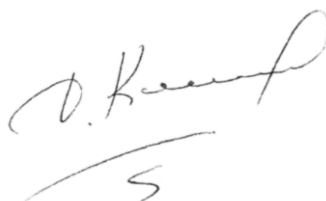
кандидат технічних наук  
**ГОЛОВАТИЙ Роман Русланович**,  
Львівський державний університет  
безпеки життєдіяльності  
Державної служби України з надзвичайних ситуацій  
старший викладач кафедри управління  
проектами, інформаційних технологій  
та комунікацій (м. Львів)

Захист відбудеться « 05 » лютого 2021 р. о 12.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К35.874.02 у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій за адресою: 79007, м. Львів, вул. Клепарівська, 35, ауд. 217.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Львівського державного університету безпеки життєдіяльності за адресою: 79007, м. Львів, вул. Клепарівська, 35.

Автореферат розісланий « 05 » січня 2021 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
к. т. н.



Дмитро КОБИЛКІН

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Сьогодні аграрна галузь України є стратегічно важливою складовою продовольчої безпеки, що підтверджується як статистичними даними, так і прогнозами щодо її розвитку. Водночас на території держави є значний потенціал природних ресурсів, що дає змогу забезпечити продуктами харчування як населення нашої держави, так і інших країн. Для підвищення ефективності діяльності в аграрній галузі сьогодні вже реалізовано низку проєктів щодо її розвитку. Сільськогосподарські підприємства реалізують множину виробничих проєктів. З-поміж них вагоме значення мають виробничі проєкти рослинництва (ВІР), які реалізуються в умовах ресурсних обмежень. ВІР передбачають спільне використання для окремих проєктів пулу виробничо-технічних ресурсів (виконавці, земельні ділянки, техніка, приміщення та обладнання для первинної переробки і зберігання продукції тощо). Недостатня кількість цих ресурсів або їх нераціональне використання призводить до несвоєчасного виконання робіт у ВІР, що спричинює втрати кінцевого продукту, а також знижує ефективність реалізації зазначених проєктів.

Проблема мінімізації втрат від несвоєчасного виконання робіт у ВІР залишається невирішеною. Їх зниження можна досягти на основі управління ресурсами у ВІР, що вимагає розробки відповідних моделей і методів та алгоритмів прийняття управлінських рішень. Це пов'язано з тим, що існуючі інструментальні засоби управління ресурсами у проєктах не враховують особливостей аграрного виробництва та, зокрема, виробництва продукції рослинництва.

У виконаній дисертаційній роботі розв'язується науково-прикладна задача, яка стосується підвищення якості управління ресурсами у ВІР завдяки розвитку системно-ресурсного підходу та розробленню моделей і методів, які базуються на врахуванні особливостей реалізації зазначених проєктів, їх проєктного середовища та формують інструментарій ініціації та планування зазначених проєктів. Отже, тема виконаної дисертаційної роботи є досить своєчасною і актуальною на сьогодні.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалась згідно з основними положеннями «Державної цільової програми розвитку аграрного сектору економіки на період до 2022 року», що затверджена Кабміном України від 30.12.2015 р. № 1437-р, «Комплексної програми підтримки та розвитку агропромислового виробництва Львівської області на 2016–2020 рр.», затвердженої рішенням Львівської обласної ради № 106 від 01.03.2016 р. Окрім того, вона виконувалась згідно з темою наукових досліджень «Розробка проєктно-керованих інноваційних систем, ресурсоощадних технологій і технічних засобів у агропромисловому виробництві та його енергозабезпеченні» (ДР №0111U001251), яка входить до тематики наукових досліджень Львівського національного аграрного університету. У зазначених дослідженнях автор був виконавцем окремих їх підрозділів.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дослідження є розробка моделей та методів системно-ресурсного управління виробничими проєктами рослинництва із врахуванням особливостей зазначених проєктів та їх мінливого проєктного середовища.

Для досягнення поставленої мети було визначено такі *завдання*:

- провести аналіз стану предметної галузі, науки та практики управління ресурсами у проєктах, обґрунтувати потребу в розробленні нових, а також удосконалення відомих методів, моделей та інструментальних засобів ресурсного управління ВПР;
- запропонувати системно-ресурсну концепцію управління ВПР з урахуванням особливостей реалізації зазначених проєктів та їх проєктного середовища;
- розробити метод управління виробничо-технічними ресурсами у ВПР та модель вибору раціональних типів ресурсів для виконання робіт у цих проєктах;
- удосконалити модель прогнозування втрат продукту ВПР та методи ідентифікації кліматичної складової проєктного середовища зазначених проєктів і формування бази даних для управління ними;
- обґрунтувати базу даних і знань та розробити практичний інструментарій для системно-ресурсного управління ресурсами у ВПР, обґрунтувати раціональну потребу у ресурсах ВПР для заданого проєктного середовища, впровадити у практику методику прогнозування втрат продукту ВПР та рекомендації щодо вибору раціональних типів виробничо-технічних ресурсів для виконання робіт у цих проєктах.

*Об'єктом дослідження* є процеси системно-ресурсного управління ВПР.

*Предметом дослідження* є моделі, методи та засоби системно-ресурсного управління ВПР, показники використання ресурсів та втрат у ВПР, а також закономірності їх зміни від мінливого проєктного середовища.

**Методи дослідження.** Науково-прикладна задача підвищення ефективності управління ресурсами у ВПР розв'язувалась на основі використання чинних методологій управління проєктами на підставі врахування мінливого проєктного середовища, системного підходу до оцінення потреби у ресурсах ВПР та впливу множини чинників проєктного середовища на ефективність системно-ризикового управління ВПР, аналізу та синтезу, індукції, дедукції та аналогій до дослідження процесів управління ресурсами у ВПР, математичної статистики для встановлення статистичних моделей показників використання ресурсів та характеристик проєктного середовища, експертних оцінок для означення директивних термінів виконання робіт із врахуванням технологічних регламентів щодо реалізації ВПР, експериментальних досліджень для обґрунтування бази даних щодо характеристик проєктного середовища, імітаційного моделювання для розроблення інформаційно-аналітичної системи управління ресурсами ВПР.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в тому, що:

*вперше розроблено:*

– системно-ресурсну концепцію управління ВПР, яка забезпечує врахування системних взаємозв'язків між виконанням робіт та ресурсами, а також вплив на них мінливих виробничих і кліматичних складових проєктного середовища, що лежать в основі визначення показників використання ресурсів та ризику втрат продукту проєкту, а також сприяє створенню якісного інструментарію для управління ресурсами виробничих проєктів під час їх ініціації та планування;

– метод управління виробничо-технічними ресурсами у ВПР, який враховує системний вплив характеристик проєктів (пріоритети, масштаб, технології виробництва) та їх мінливого проєктного середовища (виробничі та кліматичні складові), а також властивостей наявних ресурсів на зміст і час виконання робіт, що лежить в основі визначення раціональної потреби у ресурсах, уможливорює підвищення ефективності реалізації зазначених проєктів та мінімізує втрати їхнього продукту;

– модель вибору раціональних типів ресурсів для виконання робіт у ВПР, яка базується на розробленні та використанні штучних нейронних мереж, що являють собою п'ятишаровий перцептрон із функцією активації нейрона «жорстка сходинка», якими враховуються виробничі та кліматичні умови регіону, множина наявних на ринку або у підприємстві технічних засобів, що адекватно забезпечує прогнозування показників ефективності використання ресурсів та вибору з-поміж них раціональних для заданого проєктного середовища;

*удосконалено:*

– модель прогнозування втрат продукту ВПР, яка ґрунтується на використанні методів календарного планування та імітаційного моделювання виконання робіт у проєктах для кількісного визначення показників несвоєчасно виконаних робіт за заданих ресурсів і, на відміну від існуючих, враховує технологічні вимоги щодо директивних термінів виконання робіт, масштаби проєктів, а також кількість та властивості доступних ресурсів;

– метод ідентифікації кліматичної складової проєктного середовища виробничих проєктів рослинництва та формування бази даних для управління ними, який базується на аналізі статистичних даних агрометеорологічних станцій регіону та доступності виробничо-технічних ресурсів для реалізації проєктів, що, на відміну від існуючих, дає змогу повною мірою врахувати вплив мінливих складових проєктного середовища на якість отриманих знань щодо часових відхилень від директивних термінів виконання робіт та доступності ресурсів під час планування зазначених проєктів.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в тому, що вони забезпечили розробку:

– методики управління ресурсами у ВПР, що передбачає використання обґрунтованих моделей та методів, а також враховує системний вплив мінливих характеристик проєктного середовища, обмежених виробничо-технічних ресурсів та дає змогу підвищити їх ефективність. Розроблена методика лежить в основі запропонованої системи підтримки прийняття управлінських рішень для управління ресурсами у ВПР із врахуванням їх особливостей та мінливого проєктного середовища;

– алгоритму та комп'ютерної програми узгодження змісту й масштабів проєктів із наявними ресурсами ВПР, які базуються на вдосконалених методах планування потреби в ресурсах для реалізації ВПР та формування бази даних для управління ними, що сприяє точному прогнозуванню кількісних значень показників використання ресурсів у ВПР, які забезпечують вибір раціональних їх типів під час планування потреби в ресурсах.

Результати досліджень впроваджено у навчально-науковому дослідному центрі Львівського національного аграрного університету (ННДЦ ЛНАУ) (акт

впровадження від 03.11.2020 р.). На основі виконаних досліджень здобувачем розроблено методичні рекомендації для студентів факультету механіки та енергетики Львівського національного аграрного університету, які вивчають дисципліни «Управління проектами» та «Проектування інформаційних систем у рослинництві» (акт впровадження від 11.09.2020 р.).

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота є самостійним науковим дослідженням, а всі подані наукові положення, розробки, а також отримані результати, які виносяться на захист, повністю стосуються галузі управління проектами та програмами. Внесок здобувача в подані наукові праці, співавтором яких він є, полягає в такому: розроблено метод визначення втрат продукту у проекті виробництва сільськогосподарської продукції, який враховує технологічні вимоги щодо директивних термінів виконання робіт у проекті [1]; розроблені методологічні принципи ідентифікації технічних ресурсів на основі використання нейронних мереж [2]; розроблені моделі розрахунку очікуваних втрат продукту проекту внаслідок порушення директивних термінів виконання робіт для різних часових ситуацій у проекті [3]; запропоновано системно-ресурсну концепцію обґрунтування виробничої програми сільськогосподарського підприємства [4]; обґрунтовано алгоритми та комп'ютерну програму інформаційної системи прийняття рішень з управління ресурсами у виробничих проектах рослинництва [5]; розроблені методологічні принципи ідентифікації транспортних засобів у проектах з виробництва продукції рослинництва на основі використання нейронних мереж [6]; обґрунтовано системно-ресурсну концепцію управління виробничими проектами [7]; проаналізовано стан проблеми у сільськогосподарському виробництві та можливості застосування існуючих систем автоматизованого управління проектами у виробничих проектах рослинництва [8]; здійснено ідентифікацію основних параметрів виробничо-технічних ресурсів у виробничих проектах рослинництва [9]; розроблено алгоритм розрахунку декадного коефіцієнта погодності для врахування природно-кліматичного чинника у проектах з виробництва продукції рослинництва [10]; розроблена блок-схема алгоритму вибору видів транспортних засобів для транспортування сільськогосподарської продукції [11]; розроблено системно-ресурсну концепцію обґрунтування моделі функціонування машинно-тракторного парку сільськогосподарського підприємства [12]; означено головні принципи концепції проактивного управління ВПП [13]; обґрунтовано бази даних і знань для системно-ресурсного управління ВПП [14]; обґрунтовано системно-ресурсну концепцію управління проектом збирання врожаю зерна [15]; обґрунтовано системно-ресурсну концепцію управління технічними ресурсами ВПП на основі використання нейронних мереж [16]; розроблено алгоритм формування оптимального технічного ресурсу для ВПП з використанням нейронних мереж [17]; запропоновано методологічні основи формування машинно-тракторного агрегату з використанням теорії нейронних мереж [18]; означено особливості формування календарного графіка робіт ВПП з урахуванням системно-ресурсного управління цими проектами [19]; обґрунтовано системно-ресурсну концепцію управління виробничо-технічними ресурсами у ВПП [20]; обґрунтовано алгоритми та комп'ютерну програму інформаційно-аналітичної системи для системно-ресурсного управління виробничими проектами з мінливим проектним середовищем [21];

розроблено структурну схему системи підтримки прийняття рішень для системно-ресурсного управління ВПП [22]; обґрунтовано системно-ресурсну концепцію побудови календарного графіка робіт у виробничих проєктах сільськогосподарського підприємства [23].

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи доповідались та отримали позитивну оцінку на: 2nd International Workshop on Modern Machine Learning Technologies and Data Science «MoMLeT+DS 2020» (Lviv–Shatsk, 2020), X та XI Міжнародних науково-практичних конференціях «Управління проєктами у розвитку суспільства» (м. Київ, 2013–2014 рр.), IX–XI, XVI Міжнародних науково-практичних конференціях «Управління проєктами: стан та перспективи» (м. Миколаїв, 2013–2015 рр., 2020 р.), I Міжнародній науково-практичних конференції «Перспективи ефективних управлінських рішень у бізнесі та проєктах» (м. Одеса, 2015 р.), IV Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології та взаємодії (IT&I-2017)» (м. Київ, 2017 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Науково-технічний прогрес в сільськогосподарському виробництві» (м. Мінськ, 2014 р.), XIV-XV Міжнародних науково-практичних форумах «Теоретичні основи і практичні аспекти використання ресурсоощадних технологій для підвищення ефективності агропромислового виробництва і розвитку сільських територій» (м. Львів, 2013–2014 рр.), щорічних звітних науково-практичних конференціях аспірантів та здобувачів Львівського національного аграрного університету (м. Львів, 2013–2019 рр.).

**Публікації.** За темою виконаної дисертаційної роботи опубліковано 23 наукові праці, у тому числі: 12 наукових статей, серед яких 7 – у наукових зарубіжних виданнях, що індексуються в міжнародних наукометричних базах даних, 5 статей у наукових фахових виданнях України, 11 публікацій у тезах та матеріалах міжнародних і національних наукових конференцій.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел зі 150 найменувань та шести додатків. Основна частина викладена на 112 сторінках тексту, містить 11 таблиць і 30 рисунків. Повний обсяг роботи з додатками становить 169 сторінок.

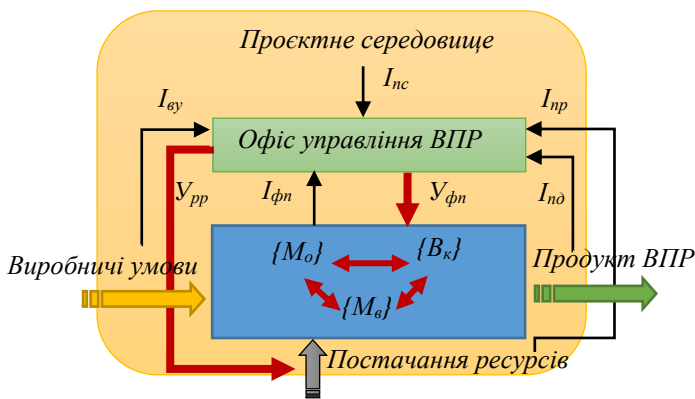
## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано проблему, мету і завдання дослідження, визначено об'єкт, предмет і наукову новизну дисертаційного дослідження. Відображено практичну цінність досліджень. Наведено дані щодо апробації результатів дисертації та основні публікації.

У першому розділі «**Стан предметної галузі та науки з управління ресурсами у проєктах**» проведено аналіз сучасного стану предметної галузі та особливості ВПП. Проведено аналіз існуючих підходів, моделей та методів вибору методології для управління проєктами аграрного виробництва. Науково-методичні засади управління проєктами розвиваються у працях вітчизняних і зарубіжних учених: С.Д. Бушуєва, Н.С. Бушуєвої, В.О. Вайсмана, В.І. Воропаєва, В.Д. Гогунського, Є.А. Дружиніна, О.Б. Зачка, К.В. Колеснікової, І.В. Кононенка, А.В. Кошкіна, В.В. Морозова, В.М. Пітерської, В.А. Рача, С.В. Руденка, О.В. Сидорчука, Х.Танаки, Ю.М. Теслі, А.М. Тригуби, С.К. Чернова, І.В. Чумаченка, А.В. Шахова, С.В. Цюцюри, Т.Г. Фесенко та ін.

Проте сучасні методології й міжнародні стандарти, а також наукові роботи з управління ресурсами у проєктах не повністю відображають характеристики ВПР, що знижує якість управління та вимагає проведення досліджень для розробки інструментів управління ними. Також встановлено, що більшість з існуючих інформаційних систем автоматизованого управління проєктами не в змозі виконати якісне та достовірне управління ресурсами у ВПР. Для реалізації ВПР існує необхідність адаптації існуючих, або розробки нових пакетів для управління виробничими проєктами рослинництва, за допомогою яких стало б можливим врахування особливостей зазначених проєктів та їх мінливого проєктного середовища.

У другому розділі «Концепція системно-ресурсного управління виробничими проєктами рослинництва» особливості ВПР розглянуто із позицій системного підходу. Для цього ВПР будемо розглядати як відповідні організаційно-технічні системи.



Зазначені системи являють собою скінченну множину взаємопов'язаних матеріальних об'єктів ( $M_o$ ), до яких належать технічні засоби, виконавці ( $B_k$ ), а також витратні матеріали ( $M_e$ ), які системно поєднані для виконання робіт у проєкті, що забезпечують формування їх продукту (рис. 1).

Рисунок 1 – Структурна схема організаційно-технічної системи виробничих проєктів рослинництва (ВПР)

Із наведеної структурної схеми організаційно-технічної системи ВПР

( $S_{ВПР}$ ) можна виділити дві головні її підсистеми, які стосуються формування продукту цих проєктів та управління ними (проєктний офіс):

$$S_{ВПР} = f(S'_{\phi n}, S'_{oy}, S'_{pc}) \quad (1)$$

де  $S'_{\phi n}, S'_{oy}, S'_{pc}$  – відповідно підсистеми формування продукту ВПР, управління ВПР та проєктного середовища.

Кожна з підсистем організаційно-технічної системи ВПР передбачає виконання своїх специфічних функцій:

1. Підсистеми формування продукту ВПР ( $S'_{\phi n}$ ) на підставі взаємопов'язаних матеріальних об'єктів ( $M_o$ ), виконавців ( $B_k$ ), а також витратних матеріалів ( $M_e$ ) у заданих виробничих умовах ( $B_y$ ) забезпечує формування продукту ( $\Phi_n$ ):

$$S'_{\phi n} = f(M_o, B_k, M_e, B_y) \rightarrow \Phi_n \quad (2)$$

2. Підсистема управління ВПР (офіс управління ВПР) ( $S'_{oy}$ ) на підставі інформації про стан проєктного середовища ( $I_{nc}$ ), виробничих умов ( $I_{ey}$ ), функціонування підсистеми формування продукту ( $I_{fn}$ ), постачання ресурсів ( $I_{np}$ ) та отриманого продукту ( $I_{nd}$ ) забезпечує прийняття управлінських рішень щодо виконання робіт у підсистемі формування продукту ВПР ( $U_{fn}$ ) та взаємодії між



наявними ресурсами, а також щодо потреби у постачанні тих чи інших ресурсів ( $Y_{pp}$ ):

$$S'_{OV} = f(I_{nc}, I_{cy}, I_{fn}, I_{np}, I_{nd}) \rightarrow (Y_{fn}, Y_{pp}). \quad (3)$$

3. Проектне середовище ( $S'_{PC}$ ) характеризується зовнішньою (природно-

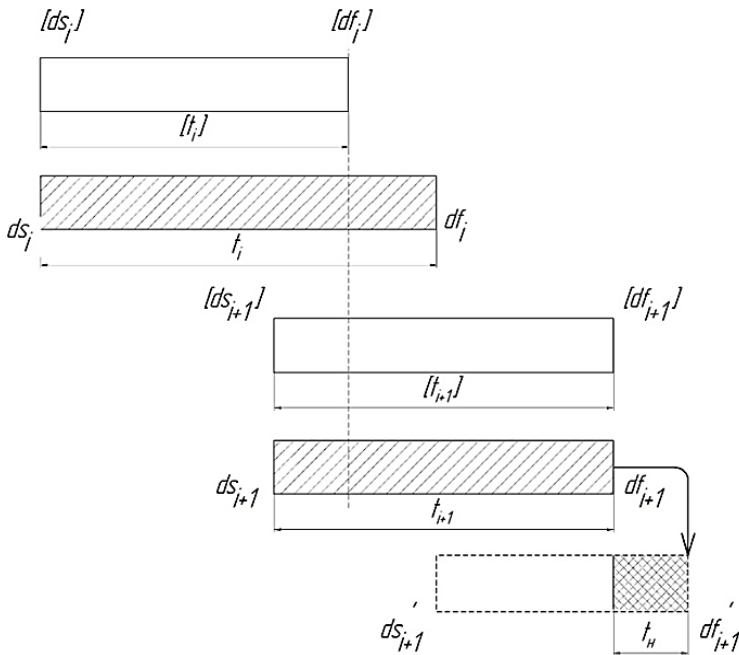


Рисунок 2 – Модель формування координат початку та завершення вектора календарного терміну виконання робіт

Час початку першої і наступних робіт повинен дорівнювати агротехнічно допустимому (директивному) часу початку робіт  $[ds_i]$ :

$$ds_i = [ds_i]. \quad (5)$$

Час завершення першої роботи буде залежати від тривалості виконання цієї роботи  $t_i$ , кількості використаних технічних ресурсів  $n_i$ , які залучені для виконання роботи, та їх змінної продуктивності  $w_i$  і коефіцієнта змінності  $k_v$ :

$$df_i = \frac{t_i}{w_i \cdot n_i \cdot k_{v_i}}. \quad (6)$$

Координати початку ( $ds_{i+1}$ ) та завершення ( $df_{i+1}$ ) вектора календарного терміну виконання подальших робіт можна визначити за такими формулами:

$$ds_{i+1} = \begin{cases} ds_{i+1}, & \text{якщо } df_{i+1} \geq df_i \\ df_i, & \text{якщо } df_{i+1} < df_i \end{cases}; \quad (7)$$

$$df_{i+1} = ds_{i+1} + \frac{t_{i+1}}{w_{i+1} \cdot n_{i+1} \cdot k_{v_{i+1}}}. \quad (8)$$

На основі проведення відповідних розрахунків отримуємо модель календарно-сіткового графіка ВПР, яка сформована у вигляді кортежу атрибутів характеристик кожної роботи зазначеного проекту. При цьому вказуються відповідний склад та характеристики залучених виробничо-технічних ресурсів, а також обсяги втрат продукту ВПР відповідно до кожної з робіт проекту внаслідок несвоєчасного їх

кліматична ( $П_k$ ), ринкова ( $P_n$ ), нормативно-законодавча ( $H_z$ ), соціальна ( $C_u$ ) тощо) та внутрішньою (організаційно-масштабна ( $O_m$ ), технологічна ( $T_l$ ), технічна ( $T_n$ )) складовими, які відображають умови реалізації ВПР ( $Y_p$ ):

$$S'_{PC} = f(P_k, P_n, H_z, C_u, O_m, T_l, T_n) \rightarrow Y_p. \quad (4)$$

Для означення подій, що відбуваються під час впорядкування робіт у ВПР, необхідно провести розрахунок часових характеристик зазначених робіт. Зокрема, потрібно розробити модель формування координат початку ( $ds_i$ ) та завершення ( $df_i$ ) вектора календарного терміну виконання робіт (рис. 2).

виконання. На підставі моделі календарно-сіткового графіка ВПР, яка сформована у вигляді кортежу атрибутів, отримали невпорядкований календарний графік, який складається з множини календарних графіків блоків робіт у ВПР.

Оскільки внаслідок обмеженої кількості наявних виробничо-технічних ресурсів під час формування календарного графіка робіт можуть виникати окремі ситуації, коли однотипний ресурс може бути використаний на різних блоках робіт ВПР, то необхідно впорядкувати роботи в цих проектах, що використовують однотипні ресурси.

Окремі часові ситуації ідентифікуються за однією або декількома ознаками заданих моментів часу виконання роботи. Результатом впорядкування робіт для кожної зі ситуацій є отримання моментів часу початку і завершення множини робіт окремого блоку після впорядкування. Часові ситуації під час впорядкування робіт, які зумовлюються кліматичними умовами та особливостями виконання окремих робіт, лежать в основі узгодження робіт із подіями у ВПР.

Третій розділ «Моделі та методи управління ресурсами у виробничих проектах рослинництва» стосується розроблених і вдосконалених моделей та методів управління ресурсами ВПР. Оскільки для вибору раціональних типів ресурсів під час виконання робіт у ВПР виникає потреба враховувати низку умов щодо формування технічного оснащення зазначених проектів, то доцільно використовувати нейронну мережу у вигляді п'ятишарового перцептрона (рис. 3).

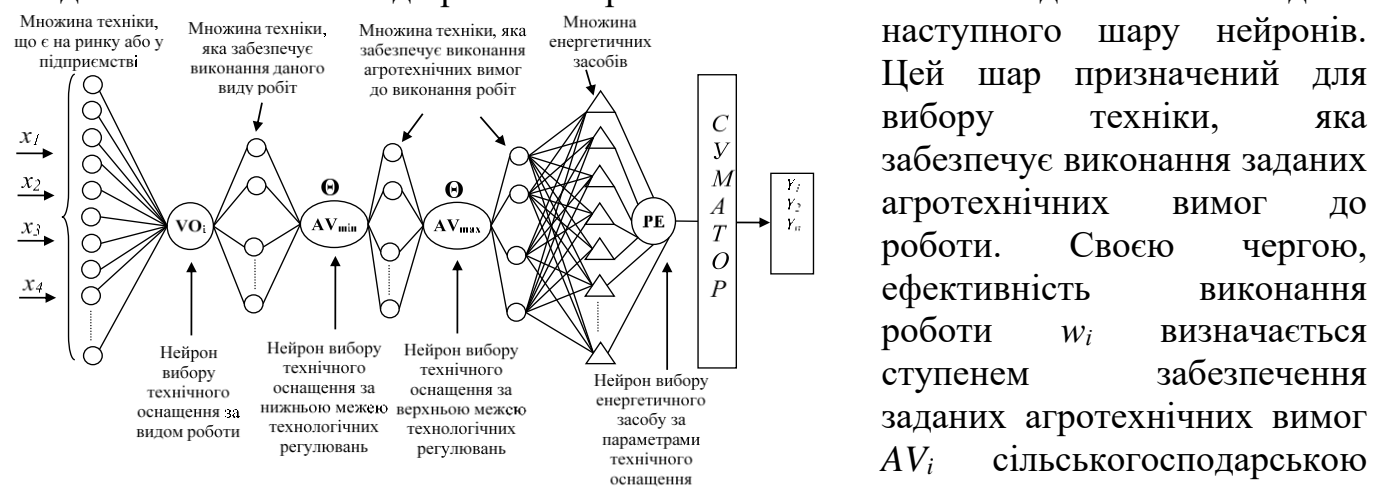
Входами п'ятишарового перцептрона є множина наявних на ринку або у сільськогосподарських підприємствах техніки  $\{CM_i\}$  та енергетичних засобів  $\{EЗ_i\}$  для їх приводу.

Перший шар нейронів мережі виконує функцію вибору серед множини машин  $\{CM_i\}$  на вході таких, які забезпечують виконання заданого виду роботи  $VO_i$ .

$$OUT = \begin{cases} 1, VO_i = PM_i \\ 0, VO_i \neq PM_i \end{cases} \quad (9)$$

де  $PM_i$  – технологічне призначення сільськогосподарської машини.

При цьому вибрано вид функції активації нейронів у даному шарі «жорстка сходинка». Множина відібраних нейроном технічних засобів одночасно є входами



наступного шару нейронів. Цей шар призначений для вибору техніки, яка забезпечує виконання заданих агротехнічних вимог до роботи. Своєю чергою, ефективність виконання роботи  $w_i$  визначається ступенем забезпечення заданих агротехнічних вимог  $AV_i$  сільськогосподарською технікою. Для більшості робіт, які необхідно виконати у ВПР за заданого виду

Рисунок 3 – Модель нейронної мережі вибору раціональних типів ресурсів під час виконання робіт

сільськогосподарської продукції існують мінімальні межі  $AV_{min}$  та максимальні межі  $AV_{max}$  допустимих агротехнічних вимог до виконання робіт. Своєю чергою, машини теж мають задані заводом-виготовлювачем мінімальні  $TR_{min}$  і максимальні  $TR_{max}$  межі технологічних регулювань робочих органів техніки. Тому перевірка техніки на відповідність агротехнічним вимогам буде здійснюватися послідовно за допомогою двох нейронів за мінімальною і максимальною межами технологічних регулювань.

Як функцію активації для цих нейронів доцільно також використати «жорстку сходинку». Вихід нейрона вибору за нижньою межею технологічних регулювань матиме такий вигляд:

$$OUT = \begin{cases} 1, AV_{min} + \Theta \cdot AV_{min} \geq TR_{min} \\ 0, AV_{min} + \Theta \cdot AV_{min} < TR_{min} \end{cases}, \quad (10)$$

де  $\Theta$  – пороговий рівень нейрона, який задає допустиме відхилення від заданих агротехнічних вимог до роботи.

Аналогічний вигляд матиме вихід нейрона вибору за верхньою межею технологічних регулювань:

$$OUT = \begin{cases} 1, AV_{max} - AV_{max} \cdot \Theta \leq TR_{max} \\ 0, AV_{max} - AV_{max} \cdot \Theta > TR_{max} \end{cases}. \quad (11)$$

Кожна несамохідна сільськогосподарська машина може агрегатуватися з відповідною множиною енергетичних засобів. У нейронній мережі функцію вибору енергетичного засобу виконує нейрон  $PE$  (рис. 4). Цей нейрон здійснює вибір енергетичного засобу за параметрами сільськогосподарської машини, а саме тяговим класом, основним показником, який характеризує можливість агрегування сільськогосподарської машини та енергетичного засобу. Функція активації цього нейрону аналогічна функції активації першого шару мережі, а саме «жорстка сходинка»:

$$OUT = \begin{cases} 1, P_{Hi} \geq R_{Hj} \\ 0, P_{Hi} < R_{Hj} \end{cases}, \quad (12)$$

де  $P_{Hi}$  – номінальне тягове зусилля на гаку  $i$ -го енергетичного засобу, кН,  $R_{Hj}$  – тяговий опір  $j$ -ї сільськогосподарської техніки в заданих умовах проектного середовища  $X_1$  та  $X_2$ , кН.

Множина сформованих варіантів раціональних типів ресурсів для виконання робіт у ВПР аналізується за допомогою суматора. При цьому отримуємо вихідний нейрон з множиною характеристик технічних ресурсів ( $Y_1$  – годинна продуктивність технічного оснащення на виконання роботи;  $Y_2$  – питома витрата палива та інші необхідні показники їх використання  $Y_n$ ). Той варіант технічного оснащення, який забезпечує найкращі означені показники, вважають, формує раціональний тип технічних ресурсів для виконання робіт у ВПР, а на підставі відомих регламентів визначається потреба в основних та допоміжних виконавцях, які виконуватимуть задані роботи.

Формування календарного графіка робіт у ВПР виконується впродовж двох етапів. На першому етапі здійснюється розробка моделі технології формування продукту проекту (рис. 4).

Технологія виробництва продукції		Календарний термін виконання проекту, днів									
Перелік технологічних операцій для обраної технології		1	2	3	4	5	6	7	8	...	n
1	Операція $a_1$	$[\tau_{s1}]$				$[\tau_{e1}]$					
2	Операція $a_2$		$[t_1]$			$[\tau_{s2}]$					$[\tau_{e2}]$
...	...						$[t_2]$				
...	...									$[t_n]$	
n	Операція $a_n$								$[\tau_{sn}]$		$[\tau_{en}]$

Рисунок 4 – Модель технології формування продукту проекту

Модель технології формування продукту проекту відображає впорядковану за часом та змістом множину робіт ВПР та вектори директивних календарних термінів їх виконання. Координата початку вектора календарного терміну роботи в моделі задається директивним часом її початку  $[\tau_{s_i}]$ , а координата завершення  $[\tau_{e_i}]$  визначається за формулою

$$[\tau_{e_i}] = [\tau_{s_i}] + [t_i]. \quad (13)$$

Модель технології формування продукту проекту задає «ідеальний» календарний графік ВПР. Якщо би всі роботи в зазначеному проекті виконувалися впродовж директивних календарних термінів, то можна було б одержати максимальний обсяг продукту проекту.

На другому етапі для кожної  $a_i$  роботи здійснюється підбір такого технічного оснащення (сільськогосподарської машини) з множини  $\{M_i\}$  доступних для проекту, яке б забезпечило виконання заданого виду роботи  $VO_i$  з дотриманням множини відповідних агротехнічних вимог.

Для несамохідної сільськогосподарської техніки треба визначити з множини  $\{T_i\}$  енергетичних засобів такий засіб для приводу певної машини, який забезпечить найефективніше виконання заданої роботи. Таким чином, отримуємо технічний ресурс (агрегат), необхідний для виконання заданої роботи.

На основі визначеної змінної продуктивності технічного ресурсу визначається фактична тривалість виконання кожної технологічної роботи  $O_i$  з урахуванням кількості наявних технічних ресурсів:

$$t_i = \frac{Q}{W_v \cdot K_v \cdot n}, \quad (14)$$

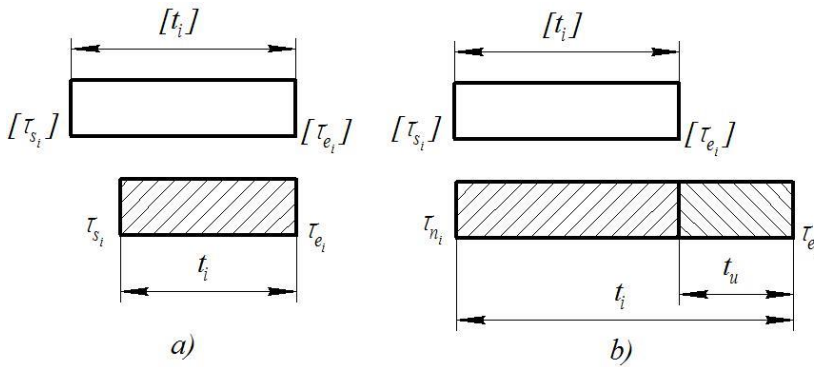
де  $Q$  – обсяг робіт, га (т, м<sup>3</sup>);  $W_v$  – продуктивність агрегату за зміну (норма виробітку агрегату), га/зміну;  $K_v$  – коефіцієнт змінності,  $n$  – кількість залучених до роботи технічних засобів на  $i$ -й роботі з доступних множин  $\{M_i\}$  і  $\{T_i\}$  відповідно.

З огляду на те, що на окремих земельних ділянках одночасно може виконуватися лише одна робота, то для кожної окремої роботи необхідно визначити час її початку та завершення. Для першої роботи у ВПР координата вектора її початку буде дорівнювати її директивному календарному часу, тобто:

$$\tau_{s1} = [\tau_{s_1}]. \quad (15)$$

Для всіх наступних  $i$ -х робіт у ВПР координати векторів їх початку визначаються з урахуванням директивного календарного часу їх початку  $[\tau_{s_i}]$  та за умови завершення виконання на полі попередньої роботи  $\tau_{e_{i-1}}$ , тобто:

$$\tau_{s_i} = \begin{cases} [\tau_{s_i}], & \text{якщо } [\tau_{s_i}] > \tau_{e_{i-1}} \\ \tau_{e_{i-1}}, & \text{якщо } [\tau_{s_i}] \leq \tau_{e_{i-1}} \end{cases} \quad (16)$$



Координата вектора завершення роботи у ВПР визначається додаванням до координати її початку тривалості виконання роботи:

$$\tau_{e_i} = \tau_{s_i} + t_i \quad (17)$$

Під час виконання заданих обсягів робіт унаслідок обмеження кількості технічних ресурсів множинами наявних сільськогосподарських машин  $\{M_i\}$  та енергетичних засобів  $\{T_i\}$  можуть виникати

Рисунок 5 – Графічна інтерпретація робіт, тривалість виконання яких не перевищує (a) та перевищує (b) директивний термін

порушення директивних термінів роботи. Тривалість виконання роботи понад директивні терміни (рис. 5) визначається з умови

$$t_u = \begin{cases} \tau_{e_i} - [\tau_{e_i}], & \text{якщо } \tau_{e_i} > [\tau_{e_i}] \\ 0, & \text{якщо } \tau_{e_i} \leq [\tau_{e_i}] \end{cases} \quad (18)$$

Якщо час завершення окремої роботи у ВПР перевищує її директивний календарний час завершення  $\tau_{e_i} > [\tau_{e_i}]$  (рис. 5, b), то це зумовлює виникнення втрат продукту проєкту. Для попередження виконання роботи понад директивні терміни змінюють тривалість робочого часу за добу (коефіцієнт змінності) або кількість залучених до роботи технічних ресурсів.

Якщо обидва заходи не приводять до уникнення тривалості виконання роботи понад директивні терміни, тоді визначаються втрати продукту ВПР від несвоечасного виконання цієї роботи:

$$Z_i = 0,5 \cdot U_{\max_i} \cdot Q_{u_i} \cdot t_{u_i} \cdot k_l \quad (19)$$

$$Q_{u_i} = Q - W_{d_i} \cdot ([\tau_{e_i}] - \tau_{s_i}), \quad (20)$$

де  $U_{\max_i}$  – максимальна урожайність сільськогосподарської культури (характеристика продукту проєкту), т/га;  $Q_{u_i}$  – обсяг несвоечасно виконаних робіт, га (т, м<sup>3</sup>);  $t_{u_i}$  – тривалість виконання роботи понад директивні терміни, днів;  $k_l$  – коефіцієнт втрати урожаю сільськогосподарської культури внаслідок затримки

роботи на одну добу;  $W_{d_i}$  – добова продуктивність технічного оснащення при виконанні певної роботи, га/добу.

Внаслідок зайнятості окремих предметів праці (полів, рослин) або технічного ресурсу на виконанні попередньої роботи час початку наступної роботи може перевищувати встановлений для неї як директивний термін:

$$t_u' = \begin{cases} \tau_{s_i} - [\tau_{e_i}], & \text{якщо } \tau_{s_i} \geq [\tau_{e_i}] \\ 0, & \text{якщо } \tau_{s_i} < [\tau_{e_i}] \end{cases} \quad (21)$$

При цьому втрати продукту ВПР від несвоєчасного початку виконання роботи розраховуються за формулою

$$Z_i' = 0,5 \cdot Q_u \cdot t_u' \cdot U_{\max_i} \cdot \kappa_{l_i} \quad (22)$$

Наступним кроком прогнозування втрат продукту у ВПР є визначення для кожної роботи загальних втрат продукту проєкту через несвоєчасне їх виконання:

$$\sum Z_{S_i} = Z_i' + Z_i \quad (23)$$

На підставі побудови календарного плану виконання робіт у ВПР визначаються очікувані втрати продукту для всіх робіт проєкту  $P$ , а також сумарні очікувані втрати продукту проєкту  $Z_{P_i}$  за формулою

$$Z_{P_i} = \sum_{i=1}^n Z_{S_i} \quad (24)$$

Отримані результати є підставою для обґрунтування управлінських рішень щодо подальшої реалізації ВПР. Аналіз окремих робіт дає змогу визначити критичні роботи ВПР, які спричиняють найбільші втрати продукту, і відповідно визначити ресурси, нестача яких зумовлює ці втрати.

Також важливим завданням управління ресурсами у ВПР є знаходження відповідності між масштабом виробництва та множинами виробничо-технічних ресурсів. Для розв'язання цієї задачі нами запропонований метод управління виробничо-технічними ресурсами у ВПР, блок-схема якого подана на рис. 6.

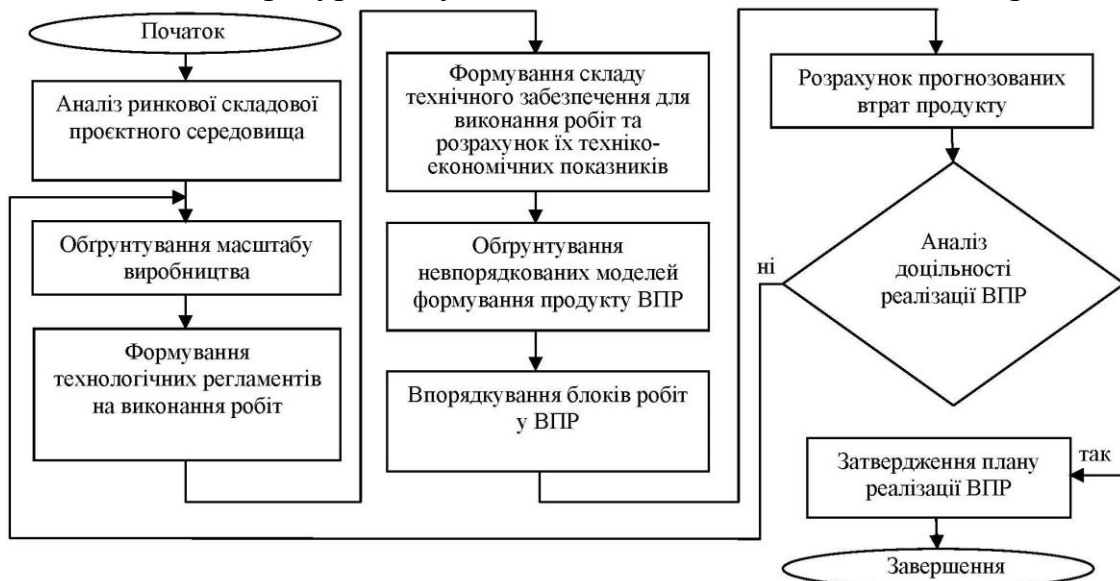


Рисунок 6 – Блок-схема методу управління виробничо-технічними ресурсами у ВПР

На першому етапі цього методу здійснюють аналіз ринку сільськогосподарської продукції та визначають обсяги продукту ВПП.

Дані про обсяги продукту ВПП є підставою для обґрунтування масштабу ВПП окремого сільськогосподарського підприємства, зокрема визначення площ посіву окремих культур.

На наступному етапі відбувається формування технологічного регламенту виробництва сільськогосподарських культур ( $TR$ ), який являє собою впорядковану в часі множину робіт у ВПП:

$$TR = \begin{Bmatrix} \{O_1\}, n_1 \\ \{O_1\}, n_2 \\ \vdots \\ \{O_k\}, n_k \end{Bmatrix}, \quad (25)$$

де  $\{O_1\}, \{O_2\} \dots \{O_k\}$  – множина робіт у 1, 2, ...,  $k$ -му ВПП;  $k$  – кількість ВПП, які реалізує окреме сільськогосподарське підприємство,  $n_1, n_2 \dots n_k$  – кількість робіт у ВПП. На четвертому етапі запропонованого методу управління виробничо-технічними ресурсами у ВПП здійснюється формування складу технічних ресурсів та розрахунок його техніко-економічних показників. На п'ятому етапі методу управління виробничо-технічними ресурсами у ВПП здійснюється обґрунтування невпорядкованої моделі формування продукту проєктів для окремих сільськогосподарських культур, яка задається у вигляді календарного графіка виконання робіт:

$$TP = \begin{Bmatrix} VO_{1,1}, \{AV_{1,1}\}, [\tau_{1,1}], [t_{1,1}], s_{1,1}, f_{1,1} \\ VO_{1,2}, \{AV_{1,2}\}, [\tau_{1,2}], [t_{1,2}], s_{1,2}, f_{1,2} \\ \vdots \\ VO_{i,nk}, \{AV_{i,nk}\}, [\tau_{i,nk}], [t_{i,nk}], s_{i,nk}, f_{i,nk} \end{Bmatrix}, \quad (26)$$

де  $s_{1,1}, s_{1,2} \dots s_{i,nk}$  – відповідно початок виконання окремих робіт у невпорядкованій моделі формування продукту проєктів;  $f_{1,1}, f_{1,2} \dots f_{i,nk}$  – відповідно завершення виконання робіт у невпорядкованій моделі формування продукту проєктів. На шостому етапі методу управління виробничо-технічними ресурсами у ВПП відбувається впорядкування робіт у зазначених проєктах. Метою впорядкування є виявлення видів технічних ресурсів, які одночасно застосовуються в різних проєктах і відповідно зміщення терміну виконання цих робіт із врахуванням пріоритетів проєктів. На наступному етапі запропонованого методу управління виробничо-технічними ресурсами у ВПП розраховуються очікувані втрати продукту проєктів під час виконання робіт кожного окремого проєкту, що виникають унаслідок порушення директивних термінів. Після розрахунку очікуваних втрат здійснюють розрахунок показників оптимізаційної моделі і визначають поточне значення цільової функції:

$$\sum_{i=1}^{n_k} S_i \cdot U_i \cdot C_i - \sum_{i=1}^{n_k} B_i \cdot C_i \Rightarrow \max, \quad (27)$$

де  $S_i$  – площа  $i$ -ї культури, га;  $U_i$  – прогнозована урожайність  $i$ -ї культури, т/га;  $C_i$  – ринкова вартість отриманого продукту із  $i$ -ї культури;  $B_i$  – обсяг втрат продукту з  $i$ -ї культури, т.

Наявність значних втрат продукту з  $i$ -ї культури є підставою до розгляду можливості формування альтернативних варіантів реалізації ВПР, а також для обґрунтування організаційно-технологічних рішень щодо ресурсного забезпечення зазначених проєктів. Коректування в сторону зменшення масштабів ВПР здійснюють для тих сільськогосподарських культур, де втрати продукту є найвищі. Після цього ітераційно здійснюють перебір можливих варіантів ресурсного забезпечення ВПР та за визначеною цільовою функцією вибирають раціональний сценарій виконання ВПР. За раціональний приймають той сценарій, який забезпечує досягнення максимуму цільової функції.

Природно-кліматичні та агрометеорологічні чинники також мають значний вплив на реалізацію ВПР. Цим галузь рослинництва відрізняється від інших галузей народного господарства. Унаслідок дії природно-кліматичних та агрометеорологічних чинників зміщуються роботи у ВПР, зумовлюється потреба у ресурсах та вони мають вагомий вплив на втрати продукту зазначених проєктів. Запобігти цим втратам можна за рахунок прогнозування, планування і своєчасного виконання відповідних агротехнічно зумовлених робіт у ВПР, які диференційовані залежно від дії кліматичної складової проєктного середовища зазначених проєктів.

Для характеристики метеорологічних умов пропонується використовувати коефіцієнт погодності, який визначається відношенням кількості днів, під час яких погодні умови не заважають виконанню робіт у рослинництві, до кількості

календарних днів. Для того, щоб отримати коефіцієнт погодності для умов заданого регіону використовують статистичні дані метеорологічних спостережень районованої метеорологічної станції, які в них фіксуються у вигляді таблиць метеорологічних і агрометеорологічних спостережень (форма ТСХ-1). Однак, для того щоб визначити цей коефіцієнт, потрібно обробити великий масив даних. Для автоматизації обробки даних нами розроблено програму в середовищі *Excel*, блок-схему якої подано на рис. 7.

Опрацювання сформованих рядів емпіричних даних за допомогою відомих методів математичної статистики дає змогу встановити статистичні характеристики розподілів цих випадкових величин, а саме: математичне сподівання, дисперсію,



Рисунок 7 – Схема алгоритму визначення декадного коефіцієнта погодності



середньоквадратичне відхилення та коефіцієнт варіації кількості погожих і непогожих днів у декадах для кожного року.

Коефіцієнт погодності  $K_{nj}$  для кожної  $j$ -ої декади року розраховується за формулою

$$K_{nj} = \frac{n_{c_{ji}}}{D_k}, \quad (28)$$

де  $n_{ci}$  – математичне сподівання кількості погожих днів у  $j$ -й декаді року;  $D_k$  – кількість календарних днів у досліджуваному періоді ( $D_k = 10$ ). Упродовж життєвого циклу ВПП коефіцієнт погодності може коливатися в значних межах, що свідчить про суттєву мінливість погодних умов, а отже, важливість його врахування під час планування виконання робіт та використання ресурсів у ВПП.

У четвертому розділі «**Результати обґрунтування бази даних, знань та використання розробленого інструментарію системно-ресурсного управління виробничими проєктами рослинництва**» на основі розроблених та вдосконалених методів і моделей управління ресурсами ВПП нами розроблено структурну схему системи підтримки прийняття рішень для системно-ресурсного управління ВПП.

Вона охоплює засоби автоматизованої побудови календарних графіків виконання робіт у ВПП та аналізу ефективності використання технічних, людських і матеріальних ресурсів зазначених проєктів.

Система підтримки прийняття рішень для системно-ресурсного управління ВПП складається з таких підсистем:

- внесення та зберігання даних;
- формування впорядкованого календарного графіка виконання робіт у ВПП;
- аналізу та звітності щодо використання ресурсів у ВПП.

Підсистема внесення та зберігання даних сформована на базі СУБД *Microsoft Access* і складається з модулів бази даних:

- технологій формування продукту ВПП;
- сільськогосподарських машин та їх характеристик;
- енергетичних засобів і самохідних машин та їх характеристик.

Підсистема внесення та зберігання даних з'єднується з підсистемою формування впорядкованого календарного графіка виконання робіт у ВПП за допомогою інтерфейсу доступу до даних *ADO (ActiveX Data Objects)*, який забезпечує зворотний зв'язок між підсистемами системи підтримки прийняття рішень для системно-ресурсного управління ВПП.

Підсистема формування впорядкованого календарного графіка виконання робіт у ВПП створена на базі мови програмування *Object Pascal* в середовищі *Delphi XE* і складається з чотирьох виконавчих модулів:

- формування регламенту робіт у ВПП;
- вибору технічних засобів;
- розрахунку календарного графіка робіт у ВПП;
- впорядкування календарного графіка робіт у ВПП.

За допомогою модуля формування регламенту робіт у ВПП забезпечується формування кортежу робіт для кожного окремого їх блоку для заданої технології формування продукту ВПП з врахуванням масштабу зазначених проєктів. Водночас

для кожної роботи системою підтримки прийняття рішень підбирається оптимальний склад виробничо-технічних ресурсів.

Модуль вибору технічних засобів системи підтримки прийняття рішень для системно-ресурсного управління ВПР здійснює вибір із доступних технічних засобів раціонального складу комплексу техніки (машинно-тракторного агрегату) для кожної роботи в зазначеному проекті. Формування календарного графіка робіт у ВПР забезпечує побудову їх календарного графіка на основі агротехнічно допустимих часу початку та тривалості заданих робіт. Дані для виконання цього етапу беруться з бази даних технологій формування продукту ВПР.

Модуль розрахунку календарного графіка робіт у ВПР формує календарний графік проекту на основі агротехнічно допустимих часу початку та тривалості робіт, дані для якого беруться з бази даних технологій формування продукту ВПР. Він забезпечує впорядкування виробничо-технічних ресурсів між роботами проекту відносно заданих обсягів робіт.

Модуль упорядкування календарного графіка робіт у ВПР забезпечує узгодження наявних виробничо-технічних ресурсів у зазначених проектах. При цьому виконується перерозподіл ресурсів між роботами на основі пріоритетів і визначається загальний обсяг очікуваних втрат продукту ВПР від несвоєчасного виконання робіт у цих проектах.

Загальний обсяг втрат продукту ВПР є основою для аналізу доцільності реалізації зазначеного проекту за критерієм його економічної ефективності. При цьому в разі недоцільності виконання ВПР за даних характеристик проектного середовища, масштабів та доступних ресурсів здійснюється його коригування і повторне моделювання.

У разі одержання узгодженого з проектним середовищем та ресурсами ВПР, за допомогою системи *MS Office Project* виконують графічну побудову календарного графіка, одержаного за допомогою системи підтримки прийняття рішень для системно-ресурсного управління ВПР, впорядкованого проекту та графіків використання ресурсів у ньому. Це дає змогу проектному менеджеру ефективно проаналізувати використання наявних виробничо-технічних ресурсів під час

виконання ВПР та за необхідності залучити додаткові ресурси для уникнення втрат продукту в ньому.

На підставі використання вдосконаленого методу ідентифікації кліматичної складової проектного середовища ВПР отримано тенденції зміни коефіцієнтів погодності, які визначені для періоду з березня по листопад за

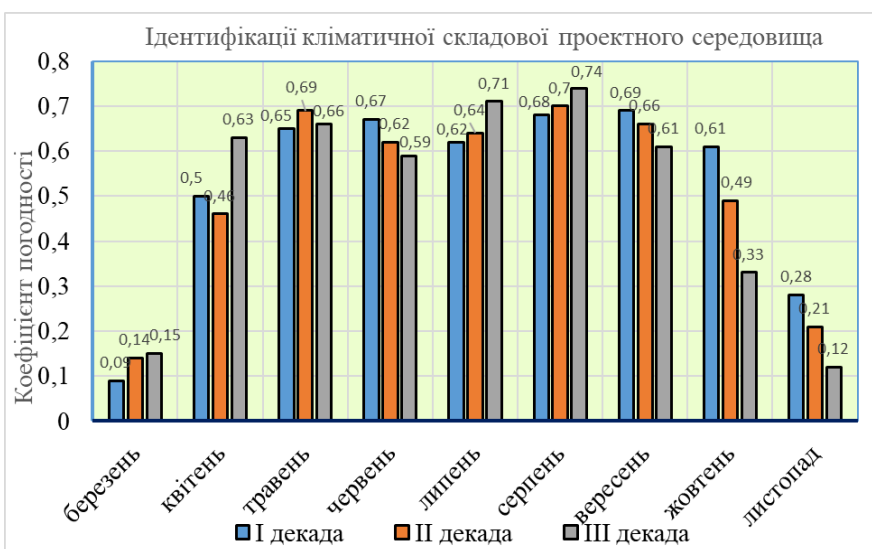


Рисунок 8 – Тенденції зміни коефіцієнтів погодності

даними метеорологічних спостережень (рис. 8).

Упродовж періоду виконання робіт у ВПР коефіцієнт погодності може коливатися в значних межах, що свідчить про суттєву мінливість погодних умов. Коефіцієнт погодності коливається в діапазоні від 0,09 до 0,74. Найменшого значення він досягає в першій декаді березня та третій декаді листопада, а максимального значення у третій декаді серпня.

Загалом можна зазначити, що виконання аналізу статистичних даних районуваних агрометеорологічних станцій та доступності виробничо-технічних ресурсів у ВПР з врахуванням мінливих складових проектного середовища забезпечить можливість адекватного визначення показників несвоєчасно виконаних робіт за заданих ресурсів.



Рисунок 9 – Густина та функція розподілу продуктивності технічного оснащення (агрегату МТЗ-82+КПС-4) із врахуванням впливу кліматичної складової ВПР, га/зміну

Також нами здійснено обґрунтування показників використання технічних ресурсів під час реалізації ВПР в умовах ННДЦ ЛНАУ на підставі моделювання з урахуванням тенденцій зміни кліматично зумовленої тривалості виконання робіт у зазначених проектах. Для візуалізації отриманих даних щодо продуктивності технічного оснащення, яке використовується у ВПР, нами використано бібліотеки *matplotlib*, *numpy* та *scipy* мови програмування *Python 3.8*. Для прикладу покажемо результати обґрунтування розподілу продуктивності агрегату МТЗ-82+КПС-4, функція та густина розподілу якого подані на рис. 9.

На підставі проведених досліджень встановлено, що розподіл продуктивності технічного оснащення (агрегату МТЗ-82+КПС-4) із врахуванням впливу кліматичної складової ВПР (рис. 9) має такі статистичні характеристики:

математичне сподівання  $M(W_{MT3-82+KPC-4}) = 11,9 \text{ га / зміну}$ ; середньоквадратичне відхилення  $\sigma(W_{MT3-82+KPC-4}) = 6,3 \text{ га / зміну}$ ; коефіцієнт варіації  $v(W_{MT3-82+KPC-4}) = 0,52$ .

Густина та функція розподілу продуктивності технічного оснащення (агрегату МТЗ-82+КПС-4) із врахуванням впливу кліматичної складової ВПР описуються такими рівняннями:

$$f(W_{MT3-82+KPC-4}) = 0,063 \cdot \exp \left[ -\frac{(W_{MT3-82+KPC-4} - 5,1)^2}{79,4} \right]; \quad (29)$$

$$F(W_{MT3-82+KPC-4}) = 0,063 \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \exp \left[ -\frac{(W_{MT3-82+KPC-4} - 5,1)^2}{79,4} \right] dW_{MT3-82+KPC-4}. \quad (30)$$

На підставі виконаного аналізу результатів оцінка продуктивності технічного оснащення (агрегату МТЗ-82+КПС-4) із врахуванням впливу кліматичної складової ВПР (рис. 9), побудовано гістограму зміни ризику прийнятої продуктивності під час планування виконання робіт (рис. 10).

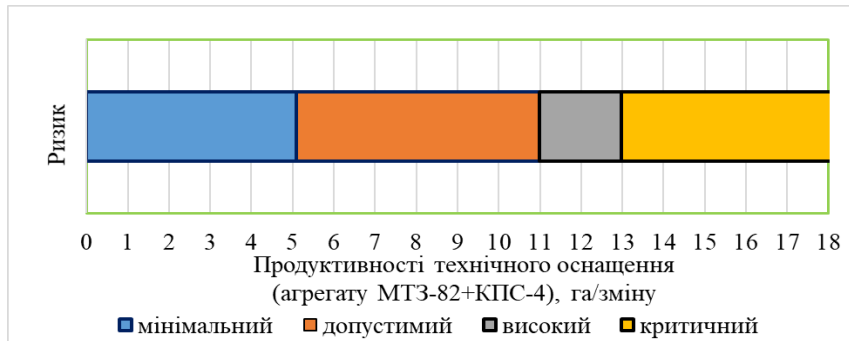


Рисунок 10 – Гістограма зміни ризику планової продуктивності технічного оснащення

На підставі гістограми зміни ризику планової продуктивності технічного оснащення (агрегату МТЗ-82+КПС-4) для заданого проєктного середовища (умов ННДЦ ЛНАУ) можна стверджувати, що допустимий ризик прийнятої продуктивності під час планування виконання робіт зазначеним

технічним оснащенням забезпечується в межах 5,11...11,0 га/зміну.

Нами здійснено апробацію розробленої системи підтримки прийняття рішень для системно-ресурсного управління ВПР та аналіз використання виробничо-технічних ресурсів за різних сценаріїв їх виконання. Зокрема, було розглянути три сценарії планування ВПР, які передбачають формування складу виробничо-технічних ресурсів за:

- 1) плановим масштабом ВПР та обсягами виконання робіт у них;
- 2) плановим масштабом ВПР, обсягами виконання робіт та їх впорядкування завдяки виявленню видів технічних ресурсів, які одночасно застосовуються в різних блоках робіт та відповідно зміщення терміну виконання цих робіт із врахуванням пріоритетів блоків робіт;
- 3) плановим масштабом ВПР, обсягами виконання робіт, їх впорядкування, зміною масштабів зазначених проєктів та залученням додаткових ресурсів.

На підставі моделювання та проведення відповідних розрахунків нами здійснено кількісне оцінення стохастичних характеристик вартості втрат продукту ВПР за різних сценаріїв їх реалізації (табл. 1). На підставі встановлених характеристик вартості втрат продукту ВПР за різних сценаріїв їх реалізації (див. табл. 1) та їх візуалізації на мові програмування *Python 3.8* із використанням бібліотек *matplotlib*, *numpy* та *scipy* виконано побудову розподілів вартості втрат продукту ВПР за трьох вищеозначених сценаріїв їх реалізації (рис. 11).

Таблиця 1 – Характеристики вартості втрат продукту ВПР за різних сценаріїв їх реалізації, тис. дол. США

Показник	Сценарій		
	I	II	III
Математичне сподівання вартості втрат продукту	69,269	46,23	21,23
Середньоквадратичне відхилення ринкової вартості втрат продукту	20,1	16,4	8,45



Рисунок 11 – Густина та функція розподілів вартості втрат продукту ВПР за різних сценаріїв їх реалізації

Отримані густини та функції розподілів вартості втрат продукту ВПР свідчать про те, що формування виробничо-технічних ресурсів за плановим масштабом ВПР, обсягами виконання робіт, їх впорядкування, зміною масштабів зазначених проєктів та залученням додаткових ресурсів дає змогу підвищити ефективність управління ресурсами в зазначених проєктах та суттєво знизити втрати продукту у ВПР.

## ВИСНОВКИ

На підставі проведених досліджень у дисертаційній роботі розв'язано важливу науково-прикладну задачу підвищення ефективності управління ресурсами у виробничих проєктах рослинництва завдяки розвитку системно-ресурсної концепції та розробленню моделей і методів, які ґрунтуються на врахуванні особливостей реалізації зазначених проєктів, їх проєктного середовища та формують інструментарій ініціації та планування зазначених проєктів за обмежених ресурсів.

Основні отримані у дисертаційній роботі наукові та практичні результати полягають у такому:

1. На основі аналізу існуючого стану сільськогосподарського виробництва, а також науки та практики управління проєктами визначено необхідність реалізації виробничих проєктів рослинництва, що вимагає розроблення нових та вдосконалення існуючих моделей, методів та інструментальних засобів системно-ризикового управління ними.

2. Запропонована системно-ресурсна концепція управління виробничими проєктами рослинництва базується на системному розкритті взаємозв'язків між виконанням робіт та ресурсами, а також впливу на них мінливих виробничих та кліматичних складових проєктного середовища, що лежить в основі визначення показників використання ресурсів та ризику втрат продукту проєкту, а також забезпечує створення якісного інструментарію для управління ресурсами виробничих проєктів під час їх ініціації та планування.

3. Розроблені метод управління виробничо-технічними ресурсами у виробничих проєктах рослинництва та модель вибору раціональних типів ресурсів для виконання робіт у цих проєктах ґрунтуються на системному аналізі впливу характеристик проєктів (пріоритетів, масштабів, технологій виробництва) та їх

мінливого проектного середовища (виробничих і кліматичних складових) на зміст і час виконання робіт, а також на розробленні та використанні штучних нейронних мереж, що являють собою п'ятишаровий перцептрон із функцією активації нейрона «жорстка сходинка». Це лежить в основі визначення раціональної потреби в ресурсах, уможливорює підвищення ефективності реалізації зазначених проектів та мінімізує втрати їх продукту, а також адекватно забезпечує прогнозування показників ефективності використання ресурсів та вибору з-поміж них раціональних для заданого проектного середовища.

4. Удосконалені модель прогнозування втрат продукту у виробничих проектах рослинництва та метод ідентифікації кліматичної складової проектного середовища зазначених проектів рослинництва і формування бази даних для управління ними передбачають виконання аналізу статистичних даних районованих агрометеорологічних станцій та доступності виробничо-технічних ресурсів для реалізації проектів, календарного планування та імітаційного моделювання виконання робіт у проектах із врахуванням мінливих складових проектного середовища для кількісного визначення показників несвоєчасно виконаних робіт за заданих ресурсів. На відміну від існуючих, вони повною мірою враховують вплив мінливих складових проектного середовища на якість отриманих знань щодо директивних термінів виконання робіт, масштаби проектів, властивості та доступність ресурсів, що забезпечує точне прогнозування втрат продуктів зазначених проектів.

5. Обґрунтована база даних та знань, а також розроблений практичний інструментарій системно-ресурсного управління ресурсами у виробничих проектах рослинництва базуються на розробленій системно-ресурсній концепції управління виробничими проектами, моделях і методах, які входять до управлінського інструментарію. Обґрунтовані моделі показників використання ресурсів у виробничих проектах рослинництва для заданого проектного середовища забезпечили визначення раціональної потреби у ресурсах.

6. На підставі використання розробленої системи підтримки прийняття рішень для системно-ресурсного управління виробничими проектами рослинництва встановлено раціональні типи та особливості використання виробничо-технічних ресурсів у проектному середовищі навчально-наукового дослідного центру Львівського національного аграрного університету (ННДЦ ЛНАУ). При цьому втрати продуктів зазначених проектів набувають мінімального значення, що на 69 % менше порівняно з базовим сценарієм, який не передбачає впорядкування ресурсів, зміни масштабів проектів та залучення додаткових ресурсів. Розроблені методика й засоби системно-ресурсного управління у виробничих проектах рослинництва впроваджено в практику розв'язання управлінських задач щодо підвищення ефективності управління ресурсами у виробничих проектах рослинництва, що вказує на належну якість розроблених запропонованих засобів.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Статті у міжнародних наукових виданнях і тих, що входять до міжнародних наукометричних баз (МНБ):*

1. Tymochko V., Padyuka R. Prediction of losses in agricultural production output. *ECONTECHMOD. An international quarterly journal*. 2014. Vol. 3, No. 4. P. 55-58. **Видання входить до МНБ – Scopus.**
2. Тимочко В.О., Падюка Р.И. Идентификация технических ресурсов в проекте производства сельскохозяйственной продукции с использованием нейронных сетей. *MOTROL. Commission of Motorization and energetics in agriculture*. 2014. Vol. 16, No. 4. P. 55-60. **Видання входить до МНБ – Scopus.**
3. Тимочко В.О., Падюка Р.И. Метод формирования календарного графика технологических операций процесса производства сельскохозяйственной продукции. *MOTROL. Commission of Motorization and energetics in agriculture*. 2015. Vol. 17, No. 4. P. 89-95. **Видання входить до МНБ – Scopus.**
4. Тимочко В.О., Падюка Р.И. Метод обоснования производственной программы сельскохозяйственного предприятия. *MOTROL. Commission of Motorization and energetics in agriculture*. 2016. Vol. 18, No. 9. P. 109-114. **Видання входить до МНБ – Scopus.**
5. Тимочко В., Падюка Р., Городецький І. Структурна модель інформаційної системи прийняття рішень з управління ресурсами у портфелі проектів сільськогосподарського підприємства. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами*. 2016. № 2 (1174). С. 49-53. **Видання входить до МНБ – Scopus.**
6. Тимочко В., Падюка Р., Городецький І. Ідентифікація транспортних засобів у проектах сільськогосподарського виробництва. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами*. 2018. № 1 (1277). С. 75-79. **Видання входить до МНБ – Scopus.**
7. Tryhuba A., Boyarchuk V., Tryhuba I., Ftoma O., Padyuka R., Rudynets M. Forecasting the Risk of the Resource Demand for Dairy Farms Basing on Machine Learning. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Modern Machine Learning Technologies and Data Science (MoMLet+DS 2020)*. Vol. 1: Main Conference, Lviv-Shatsk, Ukraine, June 2-3, 2020. Lviv, 2020. P. 327-340. **Видання входить до МНБ – Scopus.**

*Статті у наукових фахових виданнях України:*

8. Тимочко В.О., Падюка Р.И. Возможности використання систем автоматизації управління проектами для умов сільськогосподарського виробництва. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2013. №3/3 (63). С. 26-28.
9. Тимочко В.О., Падюка Р.И. Ідентифікація параметрів виробничо-технічних ресурсів портфеля проектів сільськогосподарського підприємства. *Вісник Львівського національного аграрного університету : агроінженерні дослідження*. 2013. № 17. С. 22-29.
10. Тимочко В., Луб П., Падюка Р. Обґрунтування коефіцієнта погодності для прогнозування добової продуктивності машинно-тракторних агрегатів. *Вісник*

*Львівського національного аграрного університету : агроінженерні дослідження.* 2017. № 21. С. 148-154.

11. Тимочко В.О., **Падюка Р.І.** Вибір транспортних засобів для транспортування сільськогосподарської продукції. *Розвиток транспорту. Збірник наукових праць Одеського національного морського університету.* 2018. №1 (2). С. 116-125.

12. Кравчук В., Падюка Т., **Падюка Р.** Концептуальна модель функціонування машинно-тракторного парку сільськогосподарського підприємства. *Техніка і технології АПК.* 2014. № 7. С. 7-10.

***Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:***

13. Тимочко В.О. **Падюка Р.І.** Концепція проактивного управління портфелем проектів сільськогосподарського підприємства в умовах турбулентності та глобалізації світової економіки. *Управління проектами у розвитку суспільства: Управління проектами та програмами в умовах глобалізації світової економіки:* тези доп. X Міжнар. конф.: Київ: КНУБА, 2013. С. 254-255.

14. Тимочко В.О. **Падюка Р.І.** Формування бази даних інформаційно-аналітичної системи управління виробничо-технічними ресурсами портфеля проектів сільськогосподарського підприємства. *Управління проектами: стан та перспективи:* матеріали 9 Міжнар. наук.-практ. конф. Миколаїв: НУК, 2013. С. 341-343

15. Тимочко В.О. **Падюка Р.І.** Розробка плану робіт у проектах збирання врожаю зерна. *Теоретичні основи і практичні аспекти використання ресурсоощадних технологій для підвищення ефективності агропромислового виробництва і розвитку сільських територій:* матеріали Міжнар. наук.-практ. форуму. Львів: ЛНАУ, 2013. С. 172-174.

16. Тимочко В.О., **Падюка Р.І.** Використання нейронних мереж для ідентифікації технічних ресурсів у проекті виробництва сільськогосподарської продукції. *Управління проектами у розвитку суспільства: Розвиток компетентності організації в управлінні проектами, програмами та портфелями проектів:* тези доп. XI Міжнар. конф. Київ: КНУБА, 2014. С. 210-211.

17. Тимочко В.О. **Падюка Р.І.** Идентификация машинно-тракторного агрегата с использованием нейронных сетей. *Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве.* Минск, 2014. Т. 3. С. 233-239.

18. Тимочко В.О., **Падюка Р.І.** Формування машинно-тракторних агрегатів з використанням нейронних мереж. *Теоретичні основи і практичні аспекти використання ресурсоощадних технологій для підвищення ефективності агропромислового виробництва і розвитку сільських територій:* матеріали міжнар. наук.-практ. форуму. Львів: ЛНАУ. 2014, С. 543-545.

19. Тимочко В.О., **Падюка Р.І.** Особливості формування календарного графіку робіт у проекті виробництва сільськогосподарської продукції *Управління проектами: стан та перспективи:* матеріали 10 Міжнар. наук.-практ. конф. Миколаїв: НУК, 2014. С. 294-296

20. Тимочко В.О., **Падюка Р.І.** Управління виробничо-технічними ресурсами сільськогосподарського підприємства *Управління проектами: стан та перспективи:* матеріали 11 Міжнар. наук.-практ. конф. Миколаїв: НУК, 2015. С. 143-144.



21. Тимочко В.О., **Падюка Р.І.** Інформаційно-аналітична система управління портфелем проєктів сільськогосподарського підприємства. *Перспективи ефективних управлінських рішень у бізнесі та проєктах*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Одеса: Фенікс, 2015. С.117- 119.

22. Тимочко В.О., **Падюка Р.І.** Інформаційно-аналітична система управління технічними ресурсами сільськогосподарського підприємства. *Інформаційні технології та взаємодії (IT&I-2017)*: IV Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 8-10 лист. 2017 р.). Київ: ВПЦ «Київський університет», 2017. С. 97-99.

23. Тимочко В.О., **Падюка Р.І.** Побудова календарного графіка робіт у проєктах сільськогосподарського підприємства. *Управління проєктами: стан та перспективи*: матеріали XVI-ї Міжнар. наук.-практ. конф. Миколаїв: НУК, 2020. С. 109-110.

## АНОТАЦІЯ

**Падюка Р.І. Моделі та методи управління ресурсами виробничих проєктів рослинництва.** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.13.22 «Управління проєктами та програмами» (12 – Інформаційні технології, 126 – Інформаційні системи та технології). – Львівський державний університет безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій, Львів, 2020.

У дисертаційній роботі на підставі проведених досліджень розв’язана важлива науково-прикладна задача, яка стосується підвищення ефективності управління ресурсами у виробничих проєктах рослинництва завдяки розвитку системно-ресурсної концепції та розробленню моделей і методів, які базуються на врахуванні особливостей реалізації зазначених проєктів, їх проєктного середовища та формують інструментарій ініціації та планування зазначених проєктів за обмежених ресурсів.

Обґрунтовані головні принципи створення моделі вибору раціональних типів ресурсів для виконання робіт у виробничих проєктах рослинництва передбачають розрахунок часових характеристик усіх робіт проєкту, побудову календарного графіка проєкту та визначення очікуваних втрат їх продукту.

Обґрунтована база даних та знань, а також розроблений практичний інструментарій системно-ресурсного управління ресурсами у виробничих проєктах рослинництва впроваджено в практику розв’язання управлінських задач щодо підвищення ефективності управління ресурсами у виробничих проєктах рослинництва, що вказує на належну якість розроблених запропонованих засобів.

*Ключові слова:* моделі, методи, ресурси, управління, виробничі проєкти, рослинництво, втрати продукту.

## ABSTRACT

**Padyuka R.I. Models and methods of resource management of crop production projects. - Qualifying paper as a manuscript.**

The dissertation for the scientific degree of the Candidate of Engineering (PhD) by the specialty 05.13.22 “Management of projects and programs” (12 – Information

technologies, 126 – Information systems and technologies). – Lviv State University of Life Safety of the State Service of Ukraine for Emergency Situations, Lviv, 2020.

The dissertation work on the basis of the researches solves an important scientific and applied problem concerning improvement of quality of management of resources in industrial projects of plant growing thanks to development of the system-resource approach and development of models and methods based on features of and form the tools for initiating and planning these projects with limited resources.

The analysis of the state of the crop sector indicates that the agricultural sector of Ukraine is experiencing a crisis, one of the reasons for which is the lack of implementation of mutually agreed and coordinated production projects. One of the most relevant production projects today are crop projects. The implementation of crop production projects has a number of features, taking into account which in resource management will increase the financial benefits for their participants by reducing the loss of the final product.

The analysis of the existing classifications of resources in projects and the structure of their management processes made it possible to find out that in crop production projects they have their own characteristics, which requires the development of specific tools for their management. And modern methodologies and international standards, as well as scientific work on resource management in projects do not fully reflect the characteristics of crop production projects, which reduces the quality of management and requires research to develop tools to manage us.

The proposed system-resource approach to the management of crop production projects is based on the systematic disclosure of relationships between work and resources, as well as the impact on them of changing production and climatic components of the project environment, which is the basis for determining resource use and also provides the creation of quality tools for resource management of production projects during their initiation and planning.

Substantiated main principles of creating a model for selecting rational types of resources for work in crop production projects include the calculation of time characteristics of all project works, construction of a project schedule and determination of expected losses of their product.

The established features of resource use in crop production projects suggest that methods and models should be developed taking into account the specific events of these projects, as well as the characteristics of the project environment to increase the efficiency of resource management processes. The given time situations during the organization of works in production projects of crop production, which are determined by climatic conditions and peculiarities of individual works, are the basis for coordination of works with events in these projects.

The proposed model of selection of rational types of resources for work in crop production projects is based on the development and use of artificial neural networks, which are a multilayer perceptron with the function of activating the neuron "hard step". This takes into account the production and climatic conditions of the region where crop production projects are implemented, the set of technical means available on the market, which adequately provides forecasting of resource efficiency indicators and the choice among them rational for a given project environment.

The improved model of forecasting product losses in crop production projects is based on the use of methods of calendar planning and simulation modeling of work in these projects, which provides a quantitative determination of indicators of late work for given resources. In contrast to the existing models, the proposed work takes into account the technological requirements for the directive terms of work, the scale of projects, as well as the number and properties of available resources, which underlies the choice of rational resources for crop production projects.

Improved methods for identifying the climatic component of the design environment of crop production projects and forming a database for their management are based on the analysis of statistical data of zoned agrometeorological stations and the availability of production and technical resources for project implementation. In contrast to the existing ones, they make it possible to fully take into account the impact of changing components of the project environment on the quality of knowledge gained on time deviations from the directive deadlines and availability of resources when planning these projects.

The proposed block diagram and algorithm of the developed decision support system for management of production and technical resources, which consists of two subsystems of data storage and formation of an orderly calendar schedule of works, allow to effectively analyze the use of available production and technical resources during work and, if necessary, additional resources to avoid product losses due to late work, which in turn is the basis for accelerating and ensuring quality management decisions.

The formed database for resource management in production projects of crop production will allow to organize available land, technical and human resources and to establish the necessary knowledge for further modeling of projects by means of the developed system of decision support for system-resource management of the specified projects.

The obtained results of the study of the impact of the climatic component of the design environment of crop production projects on the productivity of technical equipment are the basis for quality planning of individual blocks of work taking into account the risk that causes their untimely implementation and loss of product. It can be noted that the analysis of statistical data of zoned agrometeorological stations and the availability of production and technical resources in crop production projects, taking into account the changing components of the project environment will allow to adequately determine the indicators of late work for given resources.

Developed methods and tools of system-resource management of crop production projects are implemented in the practice of solving management problems to improve the quality of resource management in crop production projects, which indicates the proper quality of the developed proposed tools.

*Key words:* models, methods, resources, management, production projects, crop production, product losses.